

6 Sistema di visione progettato

6.1 Idea di partenza

L'idea che sta alla base della soluzione che verrà presentata, si basa sulle seguenti considerazioni:

- tutti i fogli facenti parte dello stesso bancale sono sottoposti alle stesse condizioni, ovvero fuoriescono dalla linea produttiva alle stesse temperature, rimangono in attesa della reggiatura per lo stesso periodo di tempo e sono sottoposti alle stesse condizioni di temperatura e umidità dell'ambiente;
- vista la rigidità di un foglio di cartone, gli elementi in basso, sottoposti al peso del bancale, non differiscono in altezza da quelli più in alto, che ne sono sottoposti meno o non lo sono affatto.¹

In conseguenza delle considerazioni proposte, il sistema di visione si baserà sulla densità di fogli di cartone per pixel. Tale densità può essere calcolata in un campione ristretto, ripreso con un'alta risoluzione; quindi estesa, tramite un'immagine del totale a bassa risoluzione, all'intero campo visivo.

¹ Questo dato è il risultato di una statistica effettuata su bancali di diverse onde ed altezze.

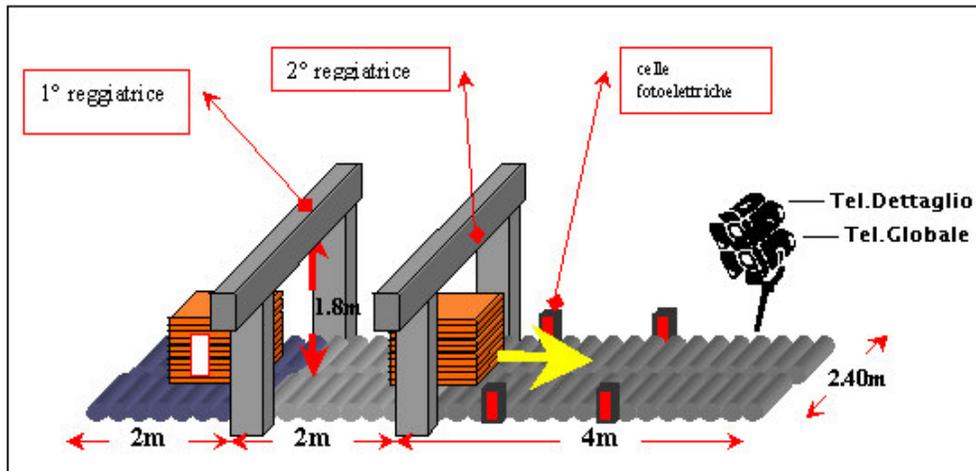


Figura 6.1 : Collocazione delle telecamere

Il sistema riprenderà il campo visivo di lato, in una posizione tale da poter ottenere i migliori risultati in termini di distorsione dell'immagine (vedi figura 6.1) e recupererà tale distorsione tramite le informazioni ottenute da una fase di setup del dispositivo.

La fase di setup consentirà anche, grazie a riferimenti fissi, di creare le relazioni che legano le due immagini.

Nei prossimi paragrafi, dopo una spiegazione ad alto livello del sistema, il cuore della soluzione verrà presentata in dettaglio in tutti i suoi aspetti implementativi.

6.2 Progettazione ad alto livello del dispositivo

Il dispositivo verrà collocato lateralmente alla rulliera, fra la reggiatrice e la zona di smistamento, in modo da sfruttare quei 10 secondi in cui si può far fermare ogni bancale tra queste due zone.

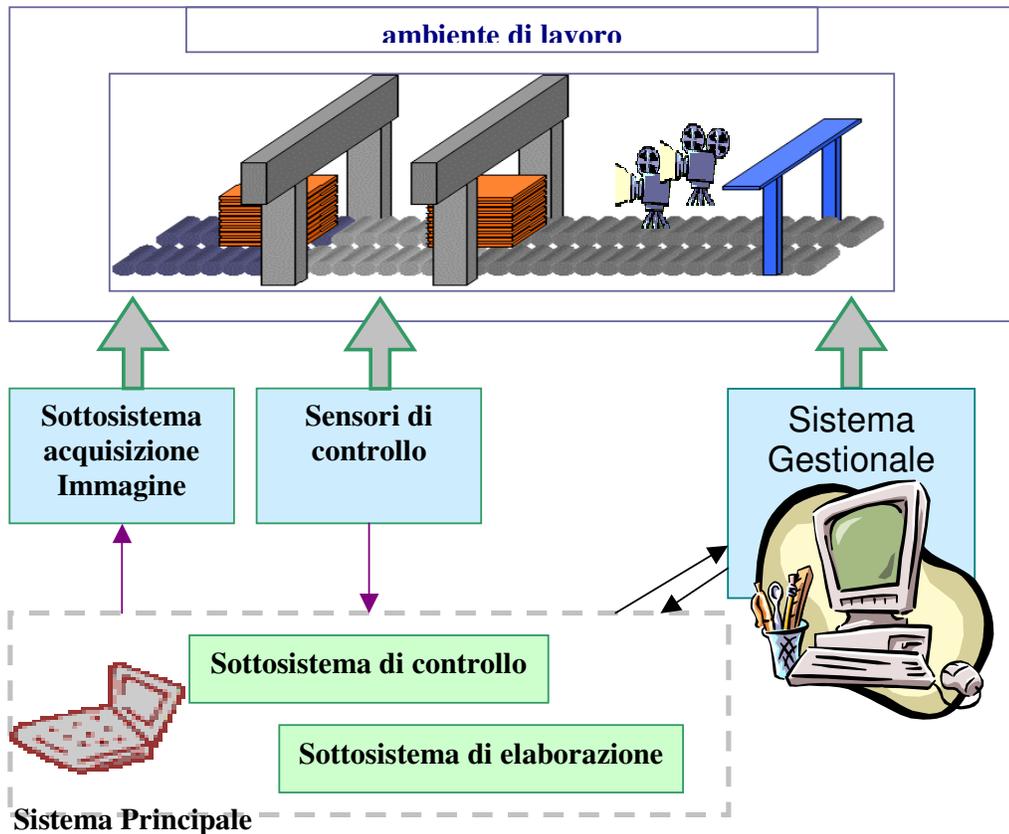


Figura 6.2 : Progettazione ad alto livello

In figura 6.2 riconosciamo le seguenti entità:

- sottosistema di acquisizione immagini: costituito da 2 telecamere industriali, una per l'immagine globale e l'altra per l'immagine del dettaglio
- sensori di controllo: fotocellula in grado di rilevare la presenza o meno del bancale nella posizione desiderata; invia al sottosistema di controllo in modo asincrono impulsi del tipo ON(bancale presente) OFF(assente)
- sistema gestionale: (esterno collegato via rete) fornisce i dati di targa del bancale (tipo onda e numero di file) e riceve il numero di fogli del bancale

- sottosistema di controllo: riceve i segnali dai sensori e indica al sottosistema di elaborazione le immagini da elaborare
- sottosistema di elaborazione: effettua il calcolo del numero di fogli del bancale

Nella seguente trattazione verrà esaminato in dettaglio il solo sottosistema di elaborazione, in quanto rappresenta il cuore del dispositivo e inoltre poiché questo progetto non prevede la realizzazione finale del dispositivo.

6.3 Il sottosistema di elaborazione

Si esaminerà, con riferimento allo schema di figura 6.3, il funzionamento del sottosistema di elaborazione dei dati provenienti da un bancale in modo da ottenere il numero dei fogli dello stesso.

Nello schema si identificano (tramite il tratteggio) due parti distinte : quella del setup (sinistra) eseguita una volta per tutte in fase di installazione del dispositivo e quella eseguita per ogni specifico bancale.

6.3.1 Setup

Come è stato accennato nella presentazione della soluzione e come possiamo notare dalla figura 6.4, il dispositivo si basa su due diverse immagini dello stesso bancale; per poter utilizzare i dati provenienti dalle due immagini c'è bisogno di relazioni che rapportino le stesse.

La fase di setup si occupa di ricavare le suddette relazioni, nonché della scelta della posizione ottimale delle telecamere in modo da evitare il più possibile le distorsioni laterali.

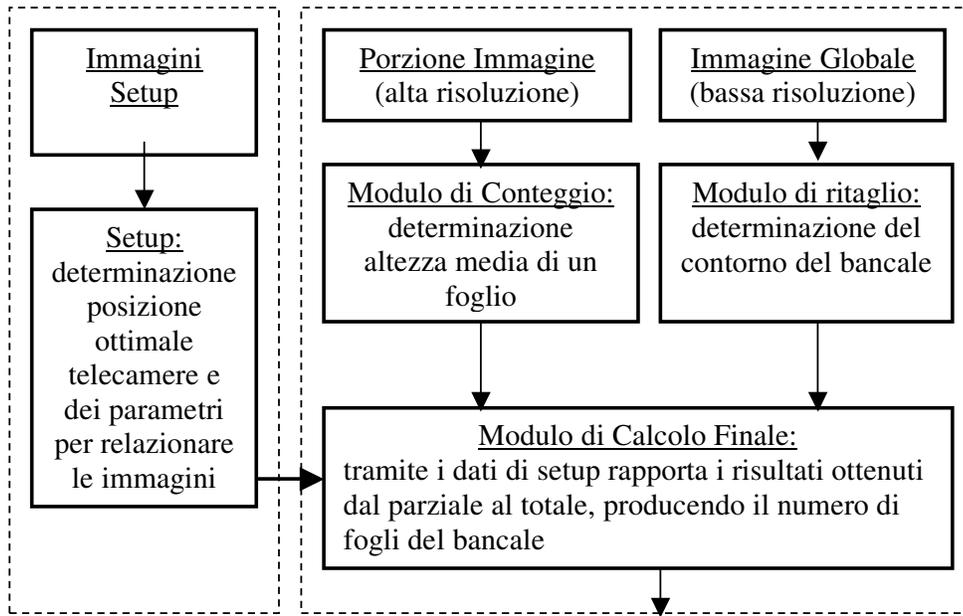


Figura 6.3 : Schema di funzionamento del dispositivo

Determinazione relazioni tra file:

Ripreso di lato, la sezione frontale del bancale apparirà come un trapezio (figura 6.4) nel quale se consideriamo come punto centrale dell'immagine l'altezza dell'obiettivo rispetto al suolo; ritroviamo una situazione perfettamente simmetrica.



Figura 6.4 : sezione frontale del bancale

Inserendo dei riferimenti fisici posti alla stessa altezza ai lati del campo, riprendendo l'immagine del campo globale (figura 6.5) si ottiene



Figura 6.5: riferimenti laterali nell'immagine grande

Che possiamo riportare nello schema di figura 6.6.

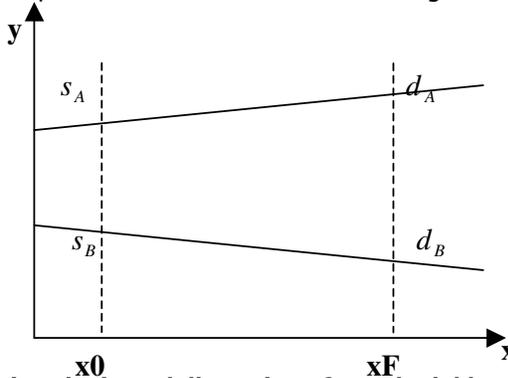


Figura 6.6 : riproduzione della sezione frontale del bancale (in pixel)

Capitolo 6 – Sistema di visione progettato

Per quanto riguarda le due rette trasversali componenti il trapezio, sono valide le seguenti relazioni

$$y_A = c^A(x - s_{Ax}) + s_{Ay} \quad (6.1)$$

$$y_B = c^B(x - s_{Bx}) + s_{By} \quad (6.2)$$

dove c^A, c^B rappresentano i coefficienti angolari della retta in alto ed in basso rispettivamente

sottraendo l'equazione 6.2 dalla equazione 6.1 e considerando $s_{Ax} = s_{Bx} = x_0$, $s_{Ay} - s_{By} = y_0$ e $c = c^A - c^B$ ricaviamo

$$y_B = (c^A - c^B)(x - s_{Ax}) + (s_{Ay} - s_{By}) = c(x - x_0) + y_0 \quad (6.3)$$

che si può rappresentare come in figura 6.7

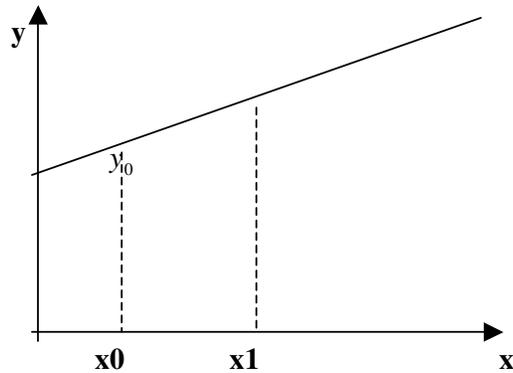


Figura 6.7 : retta differenza (in pixel)

Tramite la seguente proporzione

$$y_{ban}(x_1) : y_{set}(x_1) = y_{ban}(x_0) : y_{set}(x_0) \quad (6.4)$$

si riesce a riferire l'altezza del bordo in un punto qualsiasi, a x_0 , in modo da poter confrontare fra di loro le varie altezze in ogni punto del bancale. Tale operazione avviene ricavando dall'equazione 6.4 la seguente relazione:

$$y_{ban}(x_0) = \frac{y_{set}(x_0) \cdot y_{ban}(x_1)}{y_{set}(x_1)} \quad (6.5)$$

In questo modo il trapezio viene "raddrizzato" nel caso ideale, nonché nel caso reale posso confrontare le altezze delle diverse file.

Determinazione relazione densità immagine piccola / immagine grande:

Inserendo dei riferimenti centrali nell'immagine grande, in modo da essere ripresi anche dall'immagine del dettaglio, si inizia l'algoritmo per ricavare la relazione fra la densità di fogli per numero di pixel nell'immagine grande e quella del dettaglio, che consente di estendere il valore ricavato dal dettaglio all'intero bancale.

In figura 6.8 e 6.9 sono presenti le immagini di setup grandi e piccole rispettivamente:



Figura 6.8 : riferimenti centrali nell'immagine grande



Figura 6.9 : riferimenti centrali nell'immagine piccola

Nello schema di figura 6.10 sono riportati tutti i riferimenti necessari al calcolo della relazione di densità.

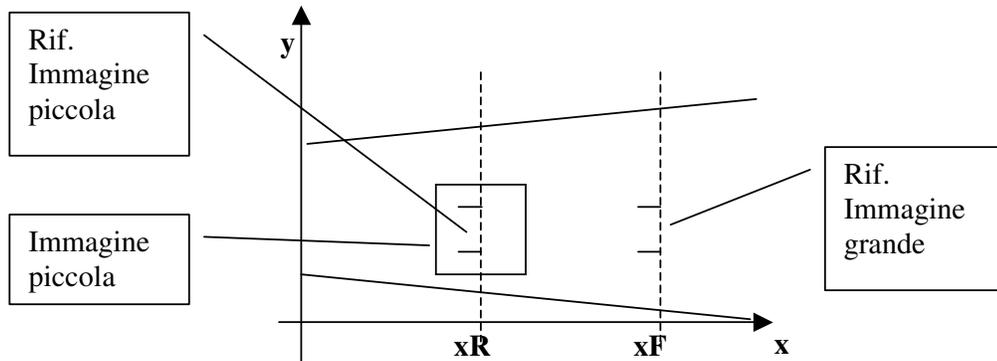


Figura 6.10 : schema riassuntivo dei riferimenti necessari (in pixel)

Dallo schema di figura 6.10, si ottiene la relazione 6.6 che consente di estendere il numero di fogli per pixel calcolati nell'immagine piccola all'immagine grande.

$$h_f^G = h_f^P \cdot \frac{h_r^G}{h_r^P} \quad (6.6)$$

dove vengono chiamate con h_f^G , h_f^P le altezze di un foglio in pixel nelle immagini grande e piccola rispettivamente e con

h_r^G , h_r^P le distanze fra i riferimenti nelle immagini di setup grande e piccola.

Tali valori, sono riferiti a x_R e vengono quindi riportati in x_0 tramite la relazione 6.7 (ottenuta dalla 6.5)

$$h_{f0}^G = h_f^G \cdot \frac{y_{set}(x_0)}{y_{set}(x_r)} \quad (6.7)$$

con la quale si è ricavato tutte le relazioni che servono per l'estensione dei risultati.

Determinazione posizione ottimale telecamere:

La posizione delle telecamere e la loro orientazione deve essere tale da rendere, la pendenza delle rette che formano il trapezio visto in precedenza (figura 6.6), la più bassa possibile, in modo da massimizzare la risoluzione verticale nel caso peggiore (lato più distante del bancale).

Infatti, un grande pendenza sta a significare una grande differenza di risoluzione fra i vari punti dell'immagine, il che può comportare un aumento intollerabile dell'errore nella parte più distante del bancale.

Si deve però tenere in considerazione che la disposizione dei vari macchinari componenti la reggiatrice, nonché di quelli successivi a questa, varia in base alla dislocazione dello spazio nell'ambiente di lavoro ed è molto difficile trovare due situazioni perfettamente uguali; da cui deriva che una posizione universalmente valida non può esistere.

E' quindi necessario, nella fase di setup, un algoritmo di posizionamento, che prenda in ingresso in una qualche forma la dislocazione dell'ambiente e dia in uscita la posizione ottimale delle telecamere.

Per quanto riguarda il posizionamento verticale delle telecamere, Per simmetria, l'obiettivo dovrà essere posto ad una altezza pari alla metà dell'altezza del campo visivo che si vuole riprendere, sia per quanto riguarda l'immagine piccola che per quella grande (riprendendo porzioni diverse le posizioni verticali dei due obiettivi non coincideranno).

La telecamera che si occuperà di riprendere l'immagine piccola viene posizionata di conseguenza a quella che si occupa di riprendere l'immagine grande.

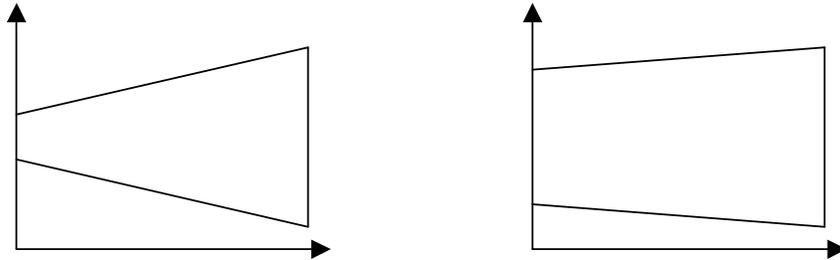


Figure 6.11 e 6.12 : due possibili rappresentazioni

Si considerino i due possibili trapezi del caso ideale riportati nelle figure 6.11 e 6.12 rispettivamente, ottenibili facendo riferimento alla figura 6.13 alla stessa distanza lungo y e con x crescente, come ad esempio nelle posizioni A e B rispettivamente.

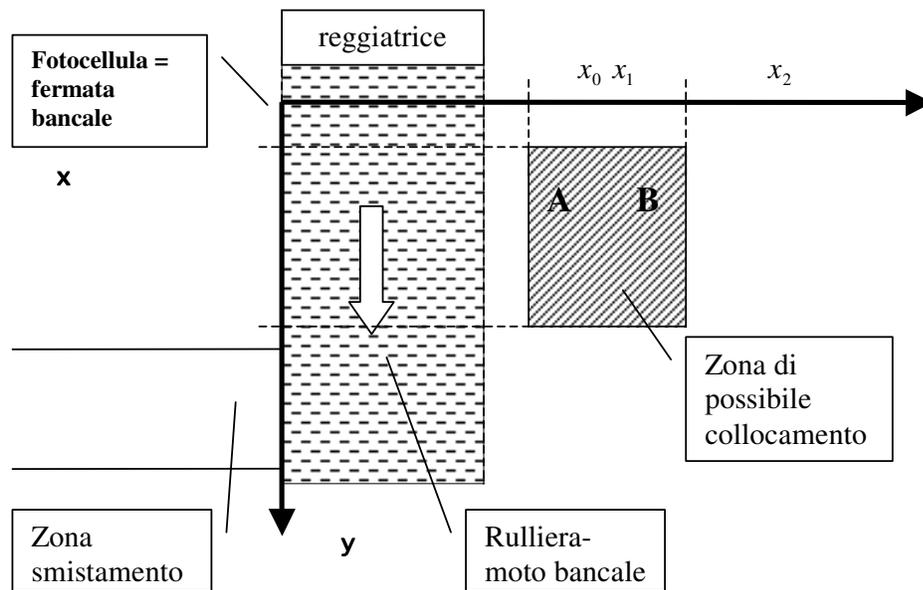


Figure 6.13 : zona di collocamento del dispositivo

Il vincolo fisico della zona di possibile collocamento può essere espresso come

$$\begin{cases} x_1 \leq x \leq x_2 \\ y_1 \leq y \leq y_2 \end{cases} \quad (6.8)$$

I vincoli dovuti al campo da riprendere si possono esprimere in termini dell'angolo di apertura dell'obiettivo. (o meglio del semiangolo per simmetria e semplicità)

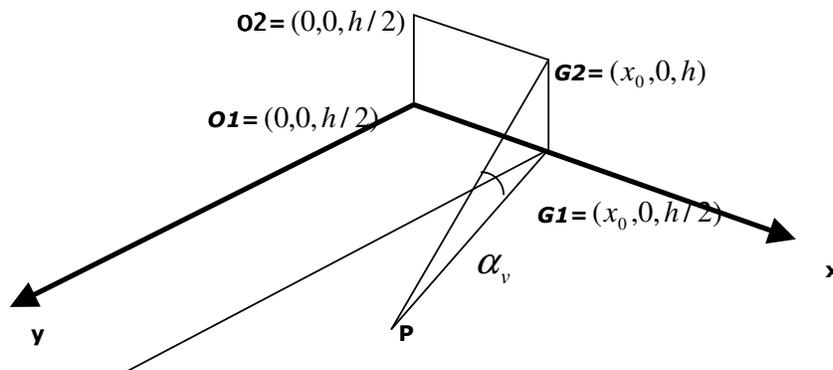


Figure 6.14: vincolo verticale (x,y in mm)

Se la telecamera è posizionata nel punto $P \equiv (x_p, y_p, h/2)$ e vogliamo riprendere bancali di altezza massima h , l'obiettivo deve essere aperto in modo tale che il suo semiangolo valga α_v che può essere espresso come:

$$\alpha_v = a \tan \left(\frac{h}{PG_1} \right) \quad (6.9)$$

L'angolo di apertura orizzontale α_o , invece sarà uguale al precedente per telecamere di uguale risoluzione verticale ed orizzontale altrimenti dipenderà dal rapporto di queste.

$$\alpha_o = \frac{2\alpha_v \cdot \text{risoluzione_orizzontale}}{\text{risoluzione_verticale}} \quad (6.10)$$

Quest'ultimo dato serve per esprimere il vincolo di dover riprendere tutti i 2,4metri del bancale in orizzontale .

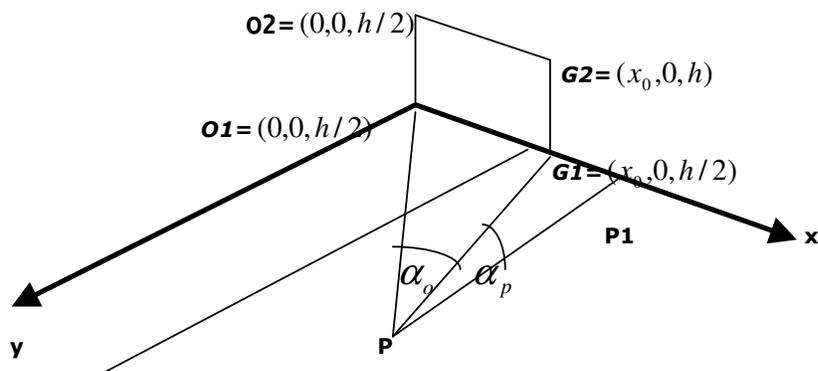


Figure 6.15: vincolo orizzontale (x,y in mm)

Tale vincolo può essere espresso come:

Capitolo 6 – Sistema di visione progettato

In questo paragrafo dopo aver presentato l'applicazione di alcuni dei metodi di segmentazione spiegati in precedenza al caso in esame, verrà illustrato il metodo usato. Tale metodo è stato progettato ad hoc per questa applicazione, in quanto, come si vedrà, nessuno degli algoritmi conosciuti forniva risultati soddisfacenti.

Applicazione di alcuni algoritmi di segmentazione

Consideriamo la seguente immagine grande di cui si vuole ricavare il bordo del bancale:



Figura 6.17 – immagine di partenza

Proviamo ad applicare il metodo del gradiente nelle sue tre diverse forme:

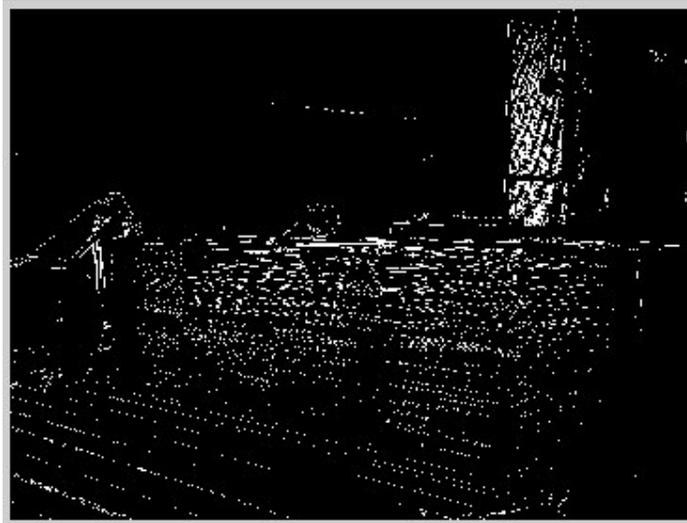


Figura 6.18 – segmentazione basata sull'Operatore di Sobel

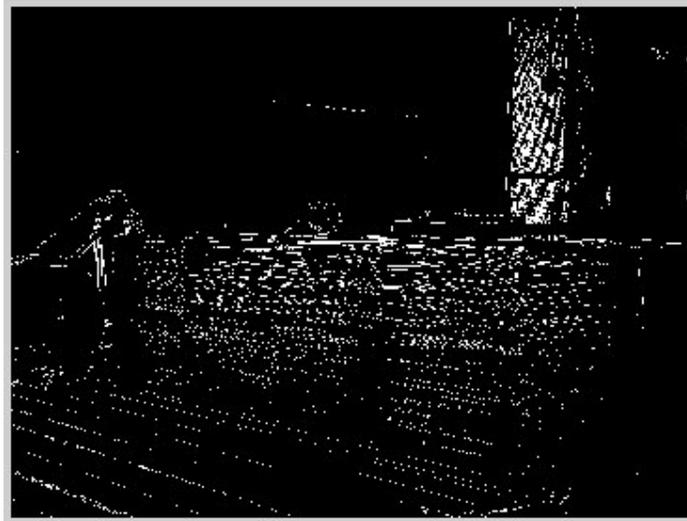


Figura 6.19 – segmentazione basata sull'Operatore di Prewitt

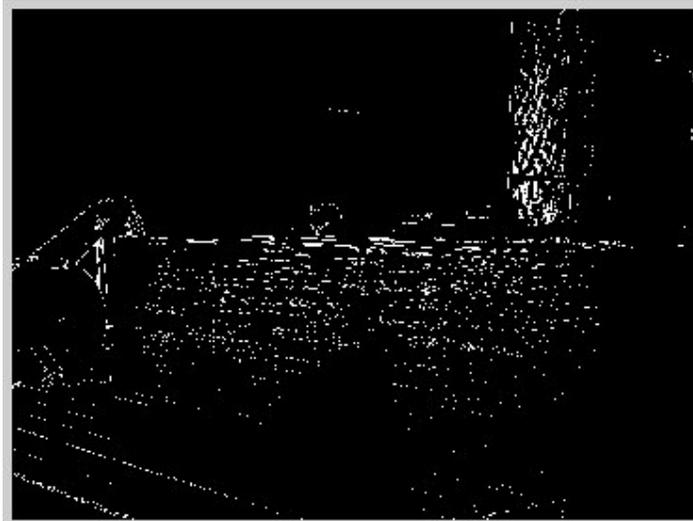


Figura 6.20 – segmentazione basata sull'Operatore di Roberts

Come si può notare dalle figure 6.18, 6.19 e 6.20 tutte e tre i metodi che si basano sul gradiente danno risultati non utilizzabili per la finalità che ci siamo preposti. Tutto ciò perché la parte utile dell'immagine in questione non è omogenea e quindi il gradiente all'interno di questa risulta confrontabile con quello rilevato sui bordi.

Applichiamo ora il metodo che si basa sul Laplaciano :

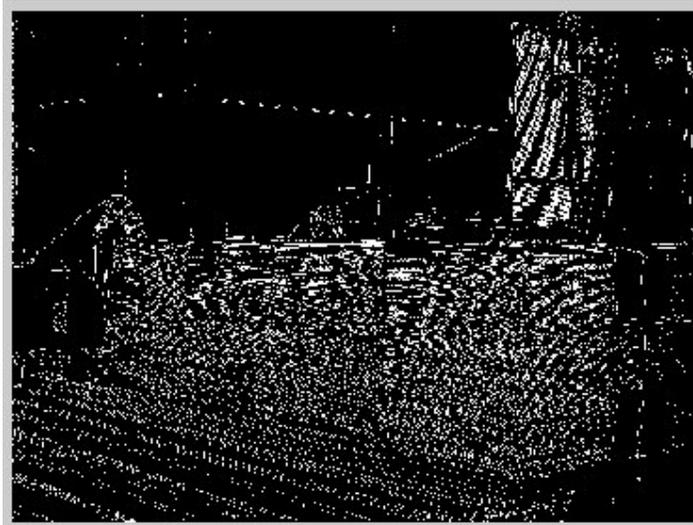


Figura 6.21 – segmentazione basata sul Laplaciano

Dalla figura 6.21 si può notare che la situazione è leggermente migliorata rispetto ai metodi basati sul gradiente, ma rimane valida la scarsa distinzione che si effettua fra la zona valida e il disturbo rendendo inservibile anche questo metodo.

Anche i metodi che si basano sul template matching non danno risultati soddisfacenti che omettiamo.

Il metodo del colore, per come è stato spiegato, non potrà funzionare, di per sé, in quanto nella zona valida delle immagini da noi considerate sono presenti più colori ed anche molto diversi tra loro. Però, per le sue caratteristiche, tale metodo è stato il punto di partenza per l'algoritmo di ritaglio utilizzato.

Algoritmo di segmentazione progettato

Il metodo del colore necessita di una zona omogenea ben definita da ritagliare, cosa che non succede nella nostra immagine. Però la zona valida della nostra immagine è modellizzabile come un colore di fondo a cui è sommato un disturbo molto vario, perciò se si effettua un filtraggio passabasso, ottenibile con la convoluzione con una maschera gaussiana su tale immagine si ottiene punto per punto il colore di fondo inficiato da un errore.

Tale errore risulta essere aleatorio e tanto maggiore quanto è alta la densità di rumore in quel punto.

Per quanto detto, prima di effettuare un filtraggio di questo tipo si procede ad una ricolorazione dell'immagine in modo da eliminare almeno la componente aleatoria del rumore.

L'algoritmo utilizzato si basa sui seguenti passi:

- 1) Determinazione di una zona dell'immagine , che chiamiamo "zona certa", contenente informazione utile.

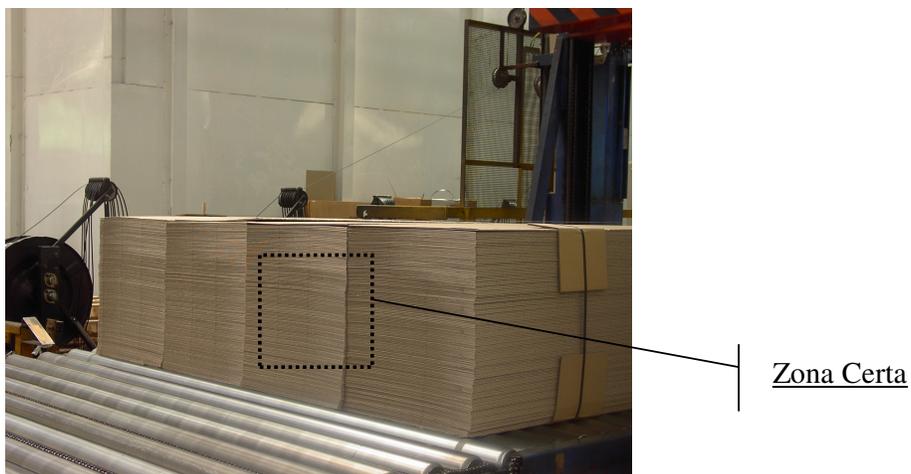


Figura 6.22 – zona certa

Tale zona è sempre presente nelle immagini del bancale, in quanto esso è sempre posto in posizione centrale rispetto alla rulliera, perciò se prendo un quadrato di dimensioni opportune (vedi figura 6.22) spostato a sinistra ed in basso rispetto al punto centrale dell'immagine sarò sempre sicuro di trovarci una porzione di bancale all'interno.

Il bancale è sempre centrato rispetto alla rulliera per fare in modo che la reggiatrice lavori al meglio nell'applicazione della fascetta di rilegatura.

Tale zona è importante perché permette di effettuare una statistica dei colori presenti nella parte utile

dell'immagine e soprattutto di scartare quei colori che nella parte utile non sono mai presenti.

E' evidente che tanto più grande è tale zona, tanto più valida sarà la statistica effettuata, perciò tale zona è stata scelta in base alle dimensioni minime di un bancale in altezza e larghezza.

- 2) Caratterizzazione statistica del colore di tale zona e ricolorazione dell'immagine con tonalità di grigio più chiare per i colori più ricorrenti nella zona certa e più scure altrove.

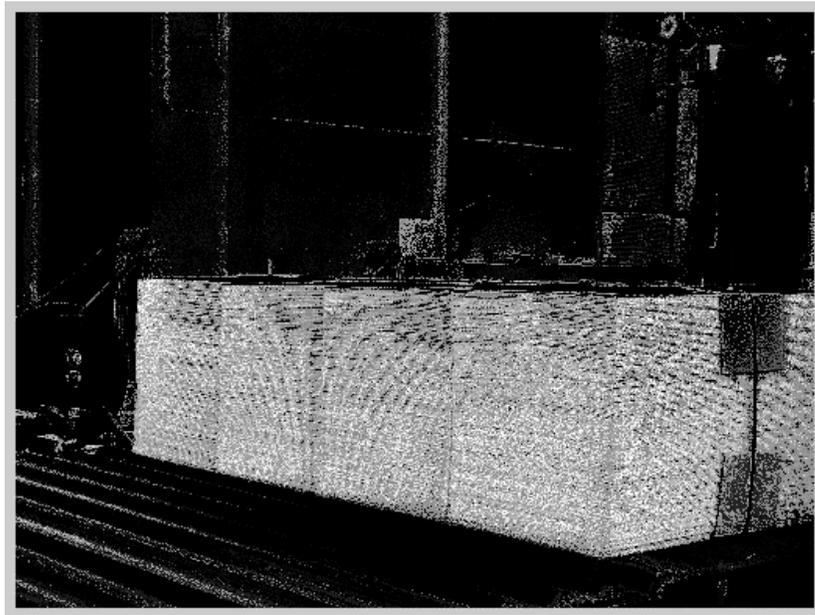


Figura 6.23 – risultato della ricolorazione

Il procedimento di ricolorazione inizia con la memorizzazione dei colori appartenenti alla zona certa, dopodichè effettua una statistica dei colori più presenti in tale zona.

In base a tale statistica crea una copia dell'immagine iniziale nella quale assegna tonalità più chiare di grigio ai

colori più ricorrenti nella <zona certa> e più scure a quelli meno ricorrenti.

Il risultato di tale operazione è riportato in figura 6.23; si può notare come viene enfatizzata, rispetto alla figura 6.22 la zona utile (il bancale) rispetto al rumore di fondo.

A questo punto è plausibile un filtraggio dell'immagine mediante la convoluzione con una curva gaussiana.

- 3) Filtraggio dell'immagine ottenuta mediante la convoluzione con una curva gaussiana bidimensionale atto ad omogeneizzare la figura.

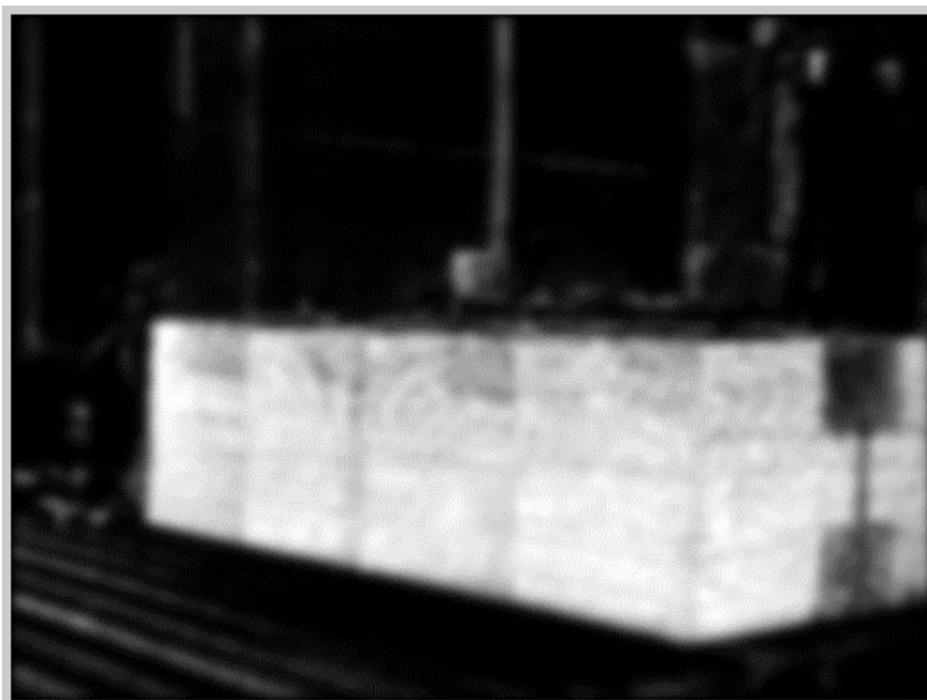


Figura 6.24 – risultato della ricolorazione

Tale filtraggio serve a rendere il più possibile omogenea la figura, cercando di non perdere informazioni sui bordi della zona utile della stessa.

Come si può notare dalla figura 6.24 da valutare rispetto alla figura 6.23 questa operazione si può considerare riuscita.

- 4) Applicazione di un metodo del colore ed eliminazione bolle esterne

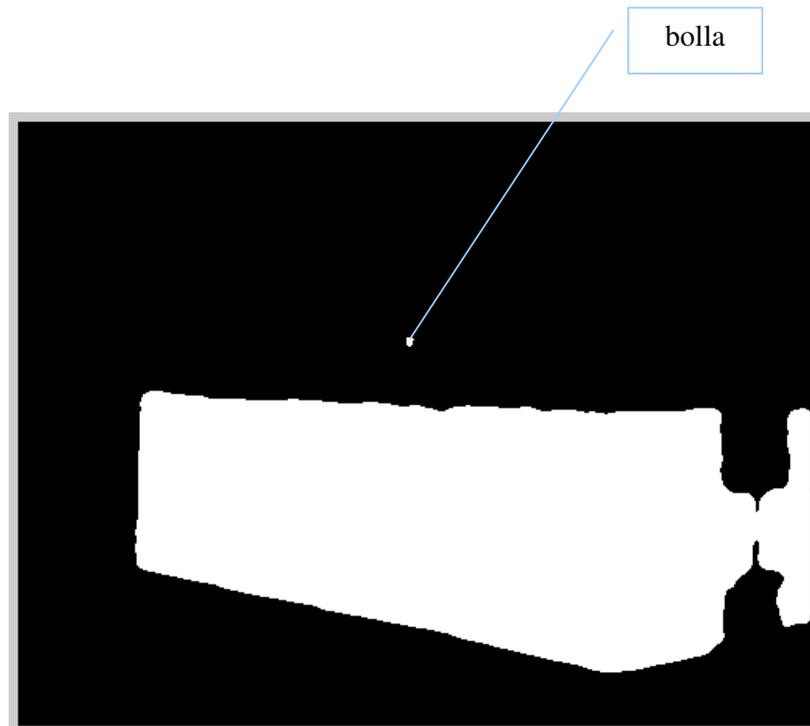


Figura 6.25 – risultato della ricolorazione

Tale metodo si basa su un valore di soglia, sotto il quale viene considerata la zona non utile e sopra il quale viene considerata la zona utile.

Tale soglia è stata fissata in 0,5 derivante dal fatto che la nostra situazione è riconducibile in maniera approssimata al filtraggio di un gradino con una curva gaussiana e tale filtraggio attribuisce al punto di massima pendenza del gradino il valore 0.5.

Essendo in una situazione non ideale, il bordo viene successivamente spostato qualora in un suo intorno si abbia un punto con pendenza maggiore di quella precedente.

In questa fase vengono anche eliminate eventuali bolle esterne al bancale come quella evidenziata in figura 6.25, tramite un algoritmo di individuazione e marcatura delle zone connesse; l'unica zona connessa che interessa è quella in cui è compresa la zona certa.

Per quanto riguarda le bolle interne, queste verranno eliminate al passo successivo.

5) Individuazione del bordo

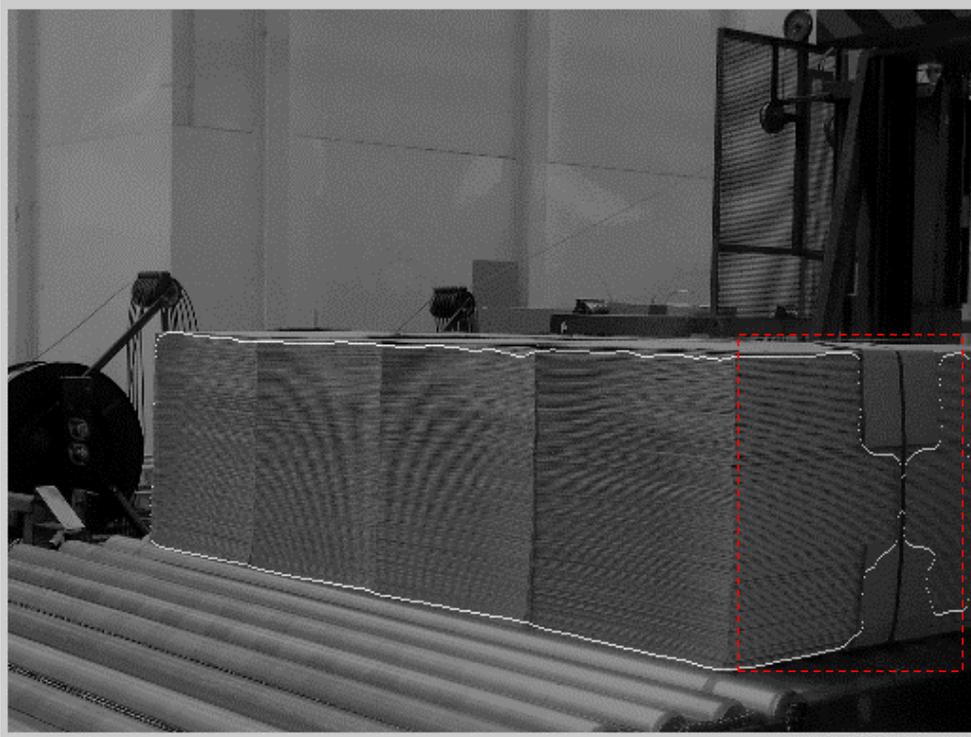


Figura 6.26 – risultato della ricolorazione

Questo passo si occupa di andare a scegliere il confine fra il nero ed il bianco della figura 6.25, costruendo così il bordo del bancale.

Sempre tale fase, partendo dal basso per cercare il bordo inferiore e dall'alto per trovare quello superiore, si occupa di eliminare eventuali bolle di colore interne al bancale, nel caso che questo non fosse perfettamente omogeneo come invece accade nell'esempio di figura 6.25.

Come si può notare nella zona tratteggiata di rosso della figura 6.26, con questa operazione viene ripresa nel bordo anche una parte di bancale laterale inutile e dannoso per il calcolo. Tale problema verrà comunque facilmente eliminato nel modulo di calcolo finale.

6.3.3 Modulo di Conteggio

Il modulo di conteggio si basa su di un'immagine campionata rispettando la frequenza di Nyquist e sulla trasformata di Fourier bidimensionale discreta di tale immagine.

In letteratura, per ricavare un parametro che faccia le veci della frequenza di Nyquist di un segnale periodico viene considerato attendibile il valore di 3 volte la frequenza di tale segnale.

Viene utilizzata la trasformata bidimensionale invece di quella monodimensionale perché fornisce risultati migliori e meno perturbati da disturbi.

L'immagine che stiamo considerando è l'immagine piccola, come nell'esempio di figura 6.27:



Figura 6.27 – Immagine piccola = base per il conteggio

La trasformata bidimensionale discreta di Fourier, consente di rilevare la ripetizione più alta nell'immagine considerata (che ovviamente sarà la ripetizione dei fogli) e quindi di calcolare lo spazio in pixel occupato da un foglio.

L'algoritmo è composto dai seguenti passi:

1) Applicazione dello zero-padding all'immagine considerata

Effettuando la trasformata di Fourier discreta di un segnale con frequenza maggiore di quella di Nyquist si ottiene uno spettro non affetto da aliasing ma continuo. Affinché tale spettro possa essere rappresentato dal calcolatore deve essere anch'esso campionato, quindi se non si rispetta anche in questo nuovo campionamento la frequenza di Nyquist si andrà ad introdurre un errore di aliasing nel segnale originale. L'ambiente di sviluppo nel quale abbiamo svolto la progettazione, prevede di rappresentare lo spettro del segnale con un numero di punti pari a quello del segnale di partenza.

Aumentando, mediante la tecnica dello zero-padding, il numero dei campioni del segnale di partenza, fino a raddoppiarlo, si rispetta la frequenza di Nyquist.

La tecnica della zero-padding consiste nell'inserire in serie al segnale dei campioni nulli.

- 2) Applicazione della trasformata discreta di Fourier all'immagine ottenuta dal punto precedente, dalla quale otteniamo la figura 6.28

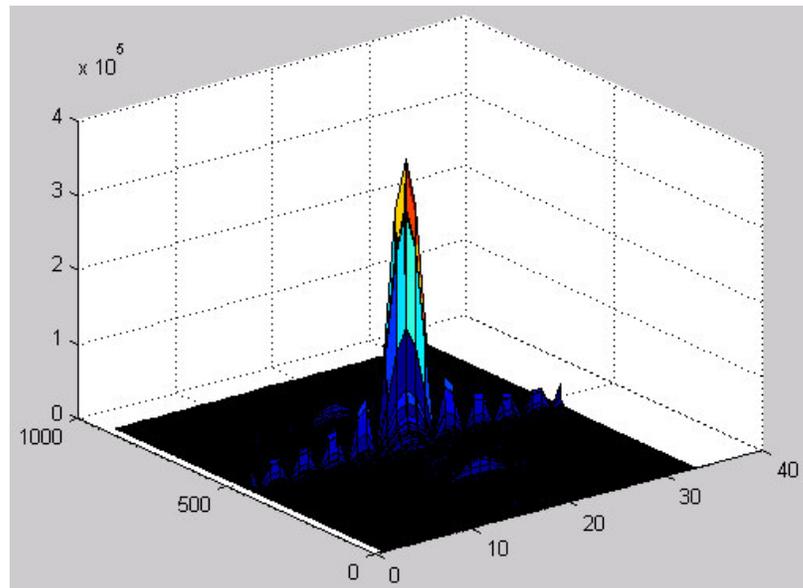


Figura 6.28 – Trasformata di Fourier dell'immagine

- 3) Filtraggio passa-basso della trasformata di Fourier (fig.6.29):

la banda di tale filtro è stata scelta tenendo conto del fatto che sotto una certa frequenza non si potrà sicuramente trovare la frequenza dovuta alle ripetizioni cercate

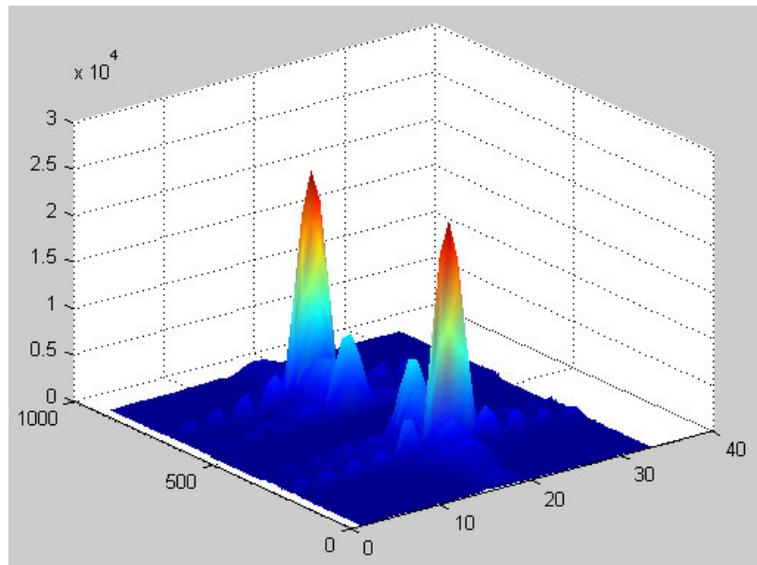


Figura 6.29 – Trasformata di Fourier dell'immagine filtrata passa-basso

4) Individuazione della frequenza più alta (fig. 6.30):

come si può vedere dalla figura 6.30 è facilmente individuabile la frequenza più alta f_{\max} , ovvero quella delle ripetizioni cercate

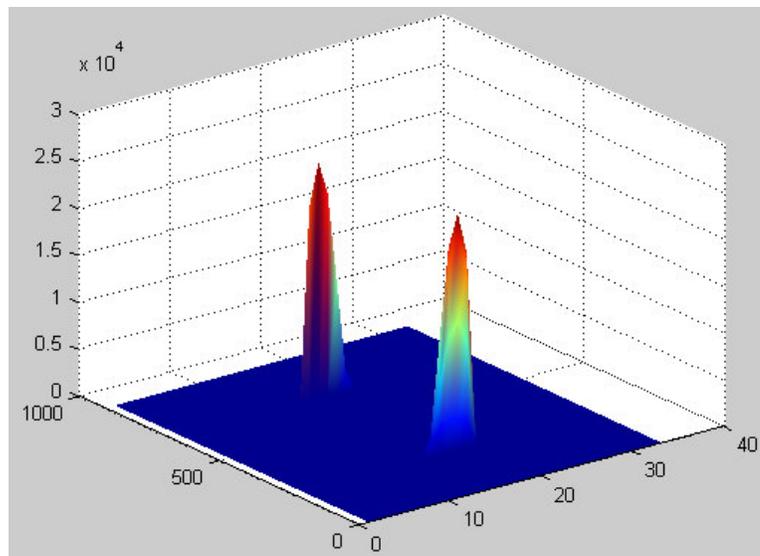


Figura 6.30 – Trasformata di Fourier dell'immagine filtrata passa-basso

5) Determinazione dell'altezza media dei fogli

L'altezza media dei fogli (in numero di pixel) ovvero il periodo si ottiene semplicemente come

$$H_{med} = 1 / f_{max} \quad (6.13)$$

6.3.3 Modulo di Calcolo Finale

Tale modulo si occupa della raccolta e integrazione dei risultati forniti dai moduli intermedi in modo da poter fornire il numero di fogli da cui è composto il bancale considerato.

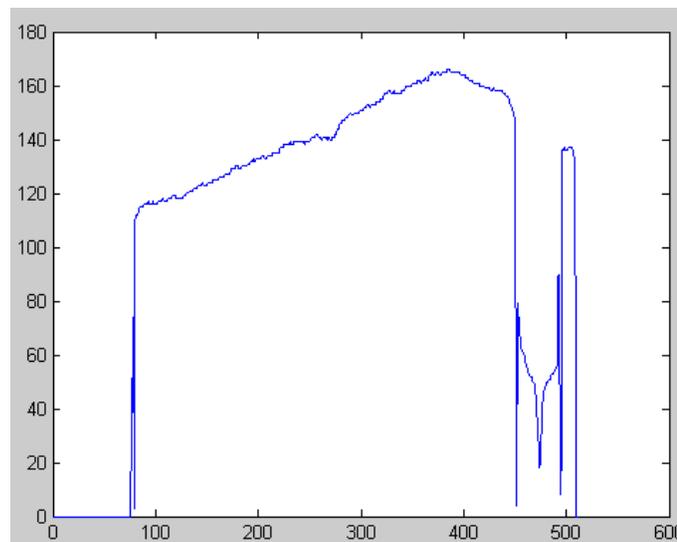


Figura 6.29 – differenze dei bordi (x,y in pixel)

Riceve in ingresso il vettore delle differenze dei bordi, fornito dal modulo di ritaglio dei bordi (figura 6.29), il numero di pixel per foglio nel riferimento centrale calcolato nell'immagine piccola dal modulo di conteggio e compie i seguenti passi:

1) elimina le discontinuità laterali dalla differenza dei bordi

Come si può notare dalla figura 6.29 il modulo di ritaglio fornisce in uscita una situazione imperfetta, in quanto è presente sia un pezzo della parte laterale del bancale (come già accennato in precedenza) oltre a delle discontinuità all'inizio ed alla fine del bancale. Perciò come prima operazione vengono eliminate tali discontinuità laterali. (figura 6.30)

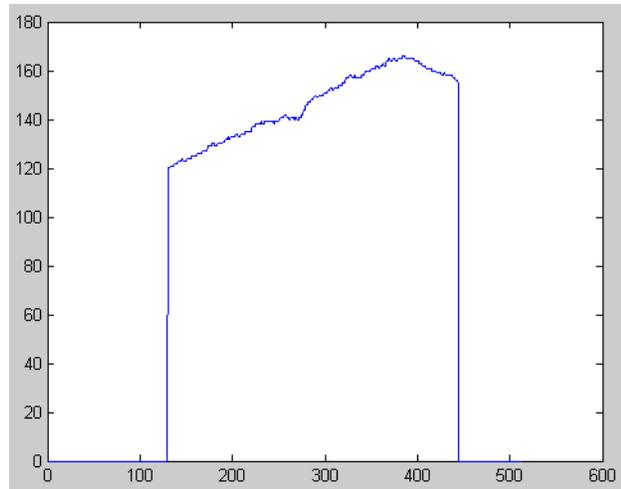


Figura 6.31 – differenza dei bordi senza discontinuità laterali (in pixel)

Mentre come seconda operazione viene eliminata tutta la porzione laterale del bancale come evidenziato in rosso nella figura 6.26, tale eliminazione avviene cercando il massimo da sinistra nel vettore delle altezze raffigurato in fig.6.30 e tagliando tutto il bordo successivo a questo. Con questa operazione otteniamo il risultato di figura 6.31.

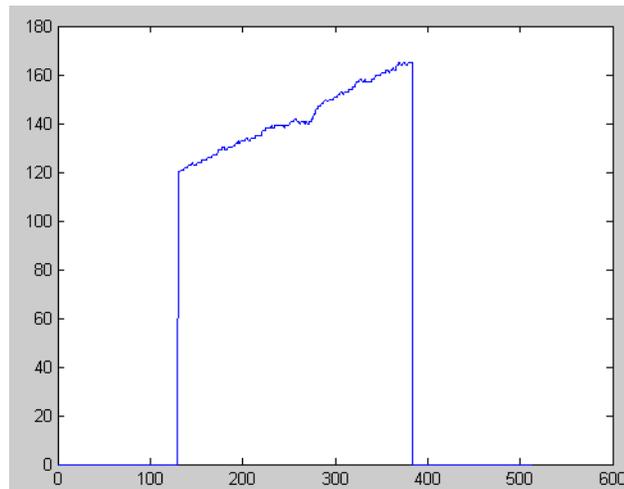


Figura 6.31 – differenza dei bordi con eliminazione porzione lat. Bancale (in pixel)

2) Riferimento di tutte le altezze del bancale a x_0

Tramite l'eq. 6.5 viene trasformato il bancale e tutte le altezze vengono riferite a x_0 (l'unità di misura è sempre pixel) ottenendo il "raddrizzamento" dell'immagine che possiamo notare in figura 6.32

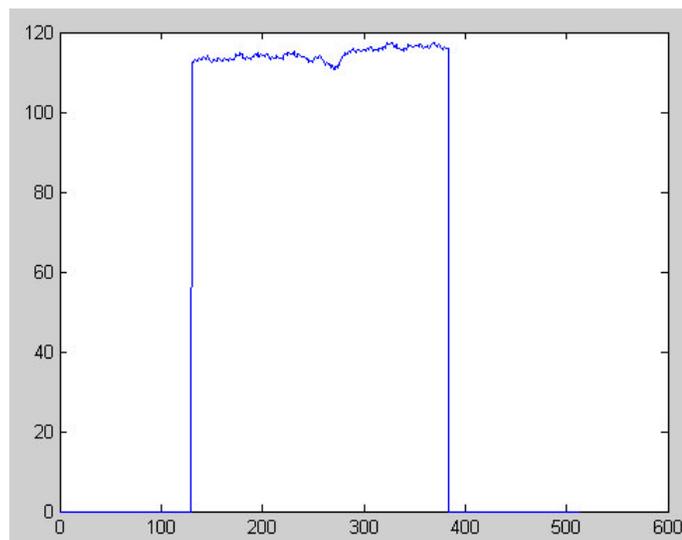


Figura 6.32 – altezza del bancale "raddrizzato" (in pixel)

3) Eliminazione di eventuali discontinuità centrali

Può accadere che, i bordi di alcune zone centrali del bancale non vengano correttamente rilevati dall'algoritmo di segmentazione dell'immagine, è quindi prevista in questo stadio una fase di recupero di situazioni di questo tipo, in modo da evitare possibili danni che potrebbero inficiare il calcolo finale.

Tale recupero avviene mediante una suddivisione in fasce (tipo quantizzazione) delle altezze riportate in figura 6.31, stabilendo una fascia ogni decimo dell'altezza in pixel. In seguito viene selezionata la fascia che contiene più campioni e per sicurezza quelle che stanno immediatamente sopra e sotto la stessa, in quanto l'altezza media potrebbe oscillare a cavallo fra due fasce.

In questo modo si individua il range in cui dovrebbe stare ogni altezza del bancale, perciò quelle altezze (all'interno del bancale) che stanno al di fuori da questo range, sono quelle dei punti di discontinuità e vengono sostituite con l'altezza media calcolata fra quelle valide.

4) Conversione delle altezze da n.pixel a n.fogli

Il modulo di conteggio fornisce l'altezza media del foglio in pixel espressi nei riferimenti dell'immagine piccola. Per mezzo delle equazioni 6.6 e 6.7 tale valore viene riportato nei riferimenti dell'immagine grande.

Per mezzo della divisione del vettore delle altezze del bancale per l'altezza media del foglio espressa in pixel dell'immagine grande si ottiene la figura 6.33.

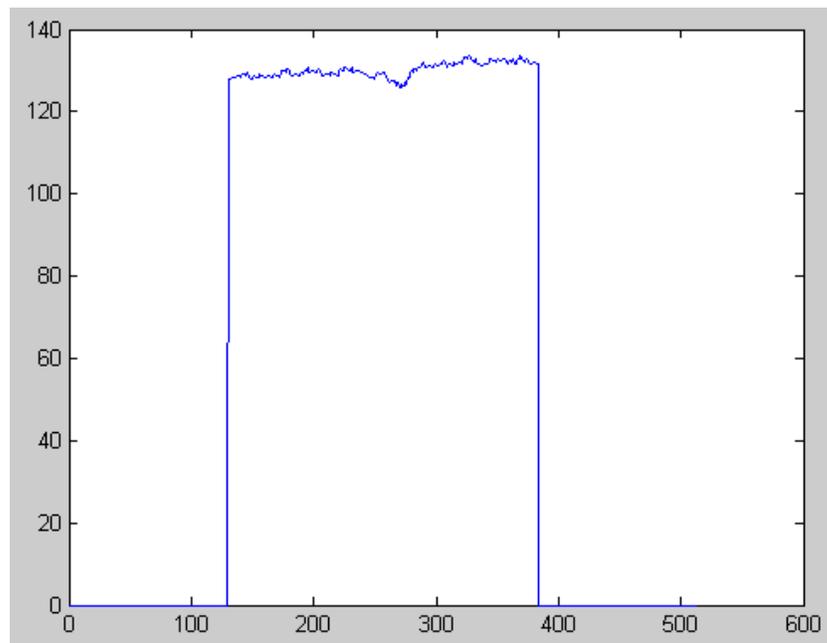


Figura 6.33 – altezza del bancale "raddrizzato" (x in pixel, y in n.fogli)

5) Calcolo del numero di fogli per ogni fila:

A questo punto è tutto pronto per effettuare il calcolo del numero di fogli effettivo in ogni fila. Ricordando che il numero di file è fornito in ingresso a questa procedura dal sistema gestionale, suddividiamo la parte utile del bancale in un numero di segmenti pari al numero delle file.

Il numero di fogli presente in una fila è data dalla media del numero di fogli indicato nella parte centrale del suo segmento, come evidenziato dai cerchi tratteggiati in figura 6.34.

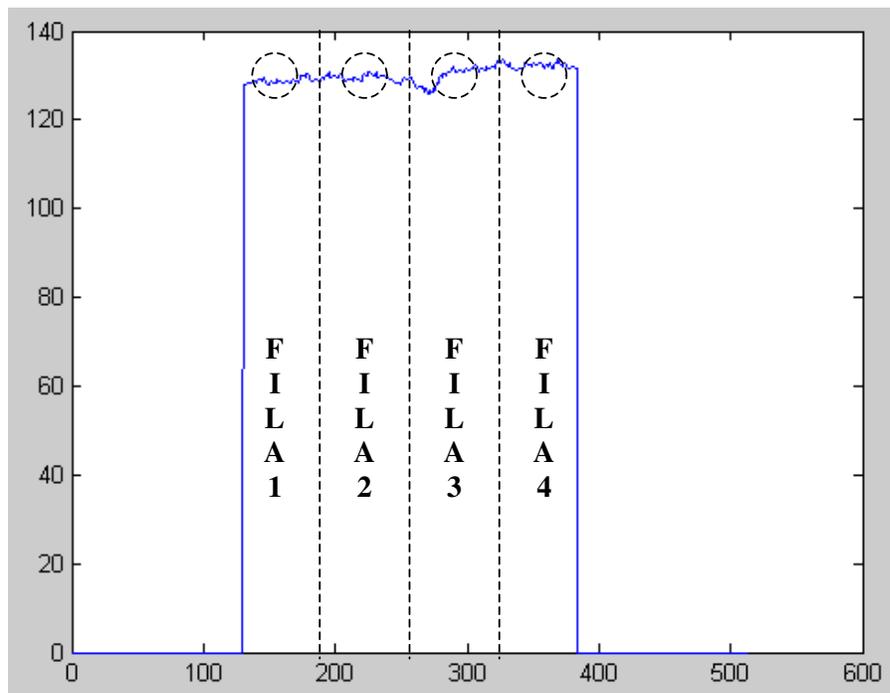


Figura 6.34 – operazioni per il calcolo n.fogli

Tale operazione, nel caso che stiamo esaminando fornisce i seguenti risultati:

Fila 1 -	129 fogli
Fila 2 -	130 fogli
Fila 3 -	131 fogli
Fila 4 -	133 fogli
<hr/>	
Totale :	523 fogli

Tale risultato verrà valutato nella successiva fase di test.